



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 19 417 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 R 21/32**  
B 60 R 21/00  
G 01 P 9/00  
// B60R 21/13

⑳ Aktenzeichen: 100 19 417.6  
㉔ Anmeldetag: 19. 4. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 25. 10. 2001

**DE 100 19 417 A 1**

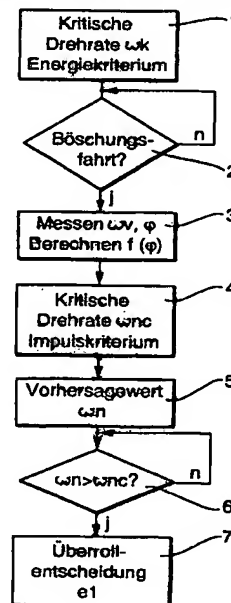
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Mattes, Bernhard, 74343 Sachsenheim, DE; Kissner,  
Juergen, 71701 Schwieberdingen, DE; Wottreng,  
Walter, Sakae, Gunama, JP; Lang, Hans-Peter,  
71701 Schwieberdingen, DE; Knoedler, Kosmas,  
74321 Bietigheim-Bissingen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Anordnung zum Erkennen eines bevorstehenden Überrollvorganges eines Fahrzeugs

⑤⑦ Die Anordnung soll für ein Böschungskippen ein rechtzeitiges Erkennen von Überrollvorgängen ermöglichen. Zu diesem Zweck ermittelt die Anordnung einen Vorhersagewert für die Drehrate des Fahrzeugs nach einem fiktiven Aufprall der Räder an einer Fahrzeuglängsseite auf den Boden aus einer vor dem fiktiven Aufprall herrschenden Drehrate, dem Impuls des Fahrzeugs in Richtung seiner Hochachse und dem Drehimpuls des Fahrzeug-Schwerpunktes vor dem fiktiven Aufprall. Außerdem ermittelt sie in Abhängigkeit des von ihr aktuell gemessenen Fahrzeug-Neigungswinkels eine kritische Drehrate des Fahrzeugs um seine Längsachse, die erforderlich wäre, um ein Überrollen hervorzurufen. Es wird auf einen bevorstehenden Überrollvorgang entschieden, wenn der Vorhersagewert der Drehrate die kritische Drehrate übersteigt.



**DE 100 19 417 A 1**



5 [0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft eine Anordnung zum Erkennen eines bevorstehenden Überrollvorganges eines Fahrzeugs, welche in Abhängigkeit vom Neigungswinkel des Fahrzeugs um seine Längsachse eine kritische Drehrate des Fahrzeugs um die Längsachse ermittelt, die erforderlich wäre, um ein Überrollen hervorzurufen.

[0002] Eine solche Anordnung ist aus der DE 197 44 083 A1 bekannt. Wie dieser Druckschrift zu entnehmen ist, entspricht die kritische Drehrate einer Rotationsenergie des Fahrzeugs, die gerade die potentielle Energie des Fahrzeugs übersteigt. Ist das nämlich der Fall, d. h. ist die kritische Drehrate erreicht, so wird es mit Sicherheit zu einem Überrollen des Fahrzeugs kommen. Es wird also frühzeitig ein Überrollen des Fahrzeugs prognostiziert, so dass rechtzeitig vor dem tatsächlichen Überrollen im Fahrzeug vorhandene Sicherheitseinrichtungen (z. B. Airbags, Überrollbügel etc.) ausgelöst werden können. Mit dem genannten, eine kritische Drehrate bestimmenden Kriterium läßt sich mit hoher Zuverlässigkeit ein bevorstehender Überrollvorgang bei Fahrmanövern erkennen, bei denen zum einen der Schwerpunkt des Fahrzeugs 15 im Schwerfeld der Erde um eine bestimmte Höhe angehoben wird, beispielsweise beim Überfahren einer Rampe, und zum anderen das Fahrzeug Bodenkontakt hat. Bei einer solchen Rampenüberfahrt erfährt das Fahrzeug eine Umwandlung von Rotationsenergie in potentielle Energie. Ein anderes Fahrmanöver stellen die sog. Böschungsfahrten dar, bei denen das Auto über eine Böschung fährt und dadurch zum Kippen kommt. Bei einem Böschungskippen wird anders als bei Rampenüberfahrten potentielle Energie in Rotationsenergie umgewandelt; das Fahrzeug kippt nämlich ohne äußere 20 Einflüsse (abgesehen von der Schwerkraft) die Böschung hinunter.

[0003] Es zeigt sich, dass das eingangs dargelegte und aus der DE 197 44 083 A1 bekannte Kriterium, nach dem eine kritische Drehrate zur Erkennung eines bevorstehenden Überrollvorgangs ermittelt wird, für Böschungskippen nicht tauglich ist, weil es eine zu frühe Entscheidung für einen Überrollvorgang trifft. Ein weiteres, in der DE 197 44 083 A1 beschriebenes Kriterium, das als Winkelkriterium bezeichnet werden kann, ist ebenfalls nicht geeignet für eine rechtzeitige Erkennung eines Überrollvorgangs. Dieses Winkelkriterium basiert darauf, dass die von einem Drehratensensor gelieferten Drehratensignale gefiltert und über eine gewisse Zeitdauer integriert werden. Der daraus entstehende mittlere Winkel entspricht in guter Näherung dem tatsächlichen aktuellen Neigungswinkel des Fahrzeugs, der mit einem fahrzeugspezifischen kritischen Winkel verglichen wird, ab welchem die Fahrzeuglage instabil wird. Das Winkelkriterium hat den Nachteil, dass es erst relativ spät eine Entscheidung trifft, ob es zu einem Überrollen des Fahrzeugs kommt oder nicht, nämlich erst dann, wenn der fahrzeugspezifische kritische Neigungswinkel erreicht ist. 30

[0004] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung der eingangs genannten Art anzugeben, welche bei einem Fahrmanöver, wie Böschungskippen, einen bevorstehenden Überrollvorgang rechtzeitig – weder zu spät noch zu früh – erkennt.

#### 35 Vorteile der Erfindung

[0005] Die genannte Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruchs 1 dadurch gelöst, dass die Anordnung für den Fall, dass sie ein für ein Böschungskippen charakteristisches Bewegungsverhalten des Fahrzeugs detektiert, einen Vorhersagewert für die Drehrate des Fahrzeugs nach einem fiktiven Aufprall der Räder an einer Fahrzeuglängsseite auf den 40 Boden aus einer vor dem fiktiven Aufprall herrschenden Drehrate, dem Impuls des Fahrzeugs in Richtung seiner Hochachse und dem Drehimpuls um den Fahrzeug-Schwerpunkt vor dem fiktiven Aufprall ermittelt und dass sie einen bevorstehenden Überrollvorgang signalisiert, wenn der Vorhersagewert der Drehrate eine kritische Drehrate übersteigt.

[0006] Für den Spezialfall einer Böschungsabfahrt, bei der potentielle Energie des Fahrzeugs in Rotationsenergie umgewandelt wird, führt die erfindungsgemäße Anwendung einer Impulsbilanz zur Ermittlung eines Vorhersagewertes für 45 die Drehrate des Fahrzeugs nach dem Kippen über die Böschungskante zu einer rechtzeitigen Erkennung einer zu einem Überrollen führenden Situation.

[0007] Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung geht aus dem Unteranspruch hervor.

#### Zeichnung

50 [0008] Die Erfindung wird anhand von in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0009] Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Anordnung zum Erkennen eines bevorstehenden Überrollvorganges eines Fahrzeugs,

55 [0010] Fig. 2 ein Ablaufdiagramm zur Ermittlung von Überrollentscheidungen,

[0011] Fig. 3 eine geometrische Darstellung zur Verdeutlichung des Energiekriteriums,

[0012] Fig. 4 eine geometrische Darstellung zur Verdeutlichung des Böschungskippens und

[0013] Fig. 5 eine geometrische Darstellung zur Verdeutlichung des Impulskriteriums.

#### 60 Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0014] Die in der Fig. 1 dargestellte Anordnung zum Erkennen eines bevorstehenden Überrollvorganges eines Fahrzeugs weist ein oder mehrere Drehratensensoren DS auf, die mindestens die Drehrate  $\omega$  um eine Achse in Längsrichtung des Fahrzeugs messen. Die mindestens eine gemessene Drehrate  $\omega$  wird einem Prozessor PZ zugeführt, der eine Überrollentscheidung e1 ermittelt. Eine Entscheiderschaltung E1 ermittelt aus dem aktuellen Bewegungsverhalten des Fahrzeugs, das sie mindestens aus der von einem Beschleunigungssensor BS erfaßten Beschleunigung des Fahrzeugs az in Richtung seiner Hochachse ableitet, ob es sich um ein Fahrmanöver in der Art eines Böschungskippens handelt. 65

[0015] Erhält der Prozessor eine Information fm über eine Böschungsfahrt, so ermittelt er anhand eines unten noch de-



tailliert beschriebenen Kriteriums, ob es zu einem Überrollen des Fahrzeugs kommen wird. Wenn ja, gibt er eine Überrollentscheidung e1 ab.

[0016] Um die Zuverlässigkeit der vom Prozessor PZ ermittelten Überrollentscheidung zu erhöhen, kann die Überrollentscheidung e1 des Prozessors PZ einer Plausibilitätsprüfung unterzogen werden. Dazu ist ein Entscheider E2 vorgesehen, der die in Richtung der Hochachse z des Fahrzeugs gemessene Beschleunigung az und die in Richtung der Fahrzeugquerachse y gemessene Beschleunigung ay mit vorgegebenen Schwellenwerten vergleicht. Werden diese Schwellenwerte überschritten, so gibt der Entscheider E2 ebenfalls eine Überrollentscheidung e2 ab, die wie die Überrollentscheidung e1 aus dem Prozessor PZ einem UND-Gatter UG zugeführt wird. Nur wenn beide Überrollentscheidungen e1, e2 einen bevorstehenden Überrollvorgang signalisieren, gibt das UND-Gatter UG eine endgültige Überrollentscheidung b ab, welche eine Auslösung von Rückhaltesystemen RS (z. B. Airbags, Überrollbügel etc.) bewirkt. Auf die Plausibilitätsprüfung kann aber auch verzichtet werden. Dann führt die Überrollentscheidung e1 des Prozessors PZ direkt zu einer Auslösung der Rückhaltesysteme RS.

[0017] In der Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm dargestellt, anhand dessen die im Prozessor PZ ablaufende Herleitung einer Überrollentscheidung e1 nachfolgend erläutert wird.

[0018] In einem ersten Verfahrensschritt 1 wird nach einem sogenannten Energiekriterium eine kritische Drehrate  $\omega_k$  ermittelt. Wie es zu dieser kritischen Drehrate  $\omega_k$  kommt, verdeutlicht die geometrische Darstellung in der Fig. 3. Dabei ist das Fahrzeug mit seinem Schwerpunkt CM als einfacher Quader dargestellt. Von dem eingezeichneten Koordinatensystem weist die z-Achse in Richtung der Hochachse, die y-Achse in Richtung der Querachse und die x-Achse in Richtung der Längsachse des Fahrzeugs. Es sind zwei verschiedene Neigungswinkel  $\phi$  und  $\phi_k$  des Fahrzeugs um die x-Achse dargestellt, welche hier z. B. entlang der Räder an einer Fahrzeugseite verläuft. Der Winkel  $\phi_0$  beschreibt die Lage des Schwerpunktes CM relativ zur Querachse y des Fahrzeugs. Das Koordinatensystem ist so orientiert, dass seine z-Achse parallel zum Erdbeschleunigungsvektor g verläuft.

[0019] Die zu ermittelnde kritische Drehrate  $\omega_k$  ist diejenige Drehrate, die bei einem aktuellen Neigungswinkel  $\phi$  erforderlich wäre, so dass es zu einem Überrollen des Fahrzeugs kommt. Die Berechnung dieser kritischen Drehrate  $\omega_k$  erfolgt durch Gleichsetzen der potentiellen Energie des Fahrzeugs, die erforderlich ist, um den Fahrzeugschwerpunkt cm im Schwerfeld der Erde um eine Höhe  $\Delta h$  anzuheben, und der Rotationsenergie des Fahrzeugs bezüglich der Drehachse x. Hat sich das Fahrzeug um eine bestimmte Höhe  $\Delta h$  angehoben, so ist der kritische Winkel  $\phi_k$  erreicht. Das ist dann der Fall, wenn der Schwerpunkt CM des Fahrzeugs senkrecht über der Querachse y liegt. Es muß auf ein Überrollen des Fahrzeugs entschieden werden, sobald die vom Drehratensensor DS gelieferte und gefilterte Drehrate größer ist als die für den aktuellen Neigungswinkel  $\phi$  berechnete kritische Drehrate  $\omega_k$ . Die kritische Drehrate  $\omega_k$  bestimmt sich also wie folgt nach dem Energiekriterium:

$$\Delta E_{\text{pot}} = E_{\text{rot}} \quad (1)$$

$$m \cdot g \cdot \Delta h(\phi) = \frac{1}{2} I \cdot \omega_k^2(\phi) \quad (2)$$

$$\omega_k(\phi) = \pm \sqrt{\frac{2mg}{I} \Delta h(\phi)} \quad (3)$$

[0020] In den Gleichungen (1) bis (3) ist mit m die Masse des Fahrzeugs, mit g die Erdbeschleunigung und mit I das Trägheitsmoment des Fahrzeugs bezeichnet. Die Höhendifferenz  $\Delta h(\phi)$  bestimmt sich hierbei gemäß Gleichung (4):

$$\Delta h(\phi) = r (1 - \sin(\phi + \phi_0)) \quad (4)$$

[0021] In Gleichung (4) ist mit r der Abstand zwischen dem Schwerpunkt CM und dem Auflagepunkt des Fahrzeugs in der x-Achse angegeben.

[0022] Die Gleichung (3) gibt zu erkennen, dass der Betrag der kritischen Drehrate  $\omega_k$  mit zunehmendem Winkel  $\phi$  kleiner wird. Bei Erreichen des kritischen Winkels  $\phi_k$  ist keine zusätzliche Drehrate mehr nötig, um das Fahrzeug zum Überrollen zu bringen.

[0023] Im Verfahrensschritt 2 wird abgefragt, ob das Fahrverhalten des Fahrzeugs auf ein Böschungskippen hindeutet. Ob es sich um diese spezielle Art von Fahrmanöver handelt, wird, wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 gesagt, von dem Entscheider E1 über das Signal fm dem Prozessor PZ mitgeteilt.

[0024] Anhand der Fig. 4 wird zunächst erklärt, was unter dem Begriff Böschungskippen zu verstehen ist. Das Böschungskippen ist ein spezielles Fahrmanöver, bei dem sich die beiden Räder einer Längsseite des Fahrzeugs bis zum erneuten Aufprall auf den Untergrund in der Luft befinden. Bei dem in der Fig. 4 eingezeichneten Koordinatensystem verläuft die x-Achse parallel zu der Fahrtrichtungsachse des Fahrzeugs und stellt die Drehachse dar, um die sich das Fahrzeug beim Abkippen über die Böschung dreht.

[0025] Da, wie bereits einleitend dargelegt, das beschriebene Energiekriterium allein nicht geeignet ist, beim Böschungskippen des Fahrzeugs daraus eine Entscheidung für einen bevorstehenden Überrollvorgang zu treffen, weil nämlich die Überrollentscheidung zu früh vor einem evtl. eintretenden Überrollvorgang getroffen wird, wird das nachfolgend näher beschriebene Impulskriterium herangezogen. Das Impulskriterium wird im folgenden anhand der in der Fig. 5 dargestellten geometrischen Skizze erklärt. Die Grundidee des Impulskriteriums ist die Entwicklung eines physikalischen Modells, welches es erlaubt, während eines Böschungskippens erst bei größeren Neigungswinkeln des Fahrzeugs eine Überrollentscheidung zu treffen. Hierzu wird ähnlich wie beim Energiekriterium das zukünftige Fahrverhalten des Fahrzeugs untersucht.

[0026] Beim Böschungskippen wird permanent eine Beziehung zwischen der Drehrate des Fahrzeugs  $\omega_v$  vor und der



Drehrate  $\omega_n$  nach einem fiktiven Aufprall der sich in der Luft befindlichen Fahrzeugseite hergestellt. Um die gewünschte Beziehung zwischen den Drehraten  $\omega_v$  und  $\omega_n$  vor und nach dem Aufprall der sich zuvor in der Luft befindenden Fahrzeugkante K1 herzuleiten, geht man bei der Beschreibung des Stoßes der Kante K1 gegen den Untergrund von einem elastischen Stoß aus. Das Fahrzeug dreht sich also nach dem Aufprall um die Kante K1. Die Böschungskante K2 selbst sei  
 5 direkt bei dem Aufprall als nicht mehr vorhanden angenommen. Es werden die Erhaltungssätze für den Schwerpunkt-impuls und für den Drehimpuls bezüglich des Schwerpunktes CM benutzt. Das Fahrzeug wird dabei weiterhin als starrer Körper behandelt.

[0027] Wie dem Ablaufdiagramm in Fig. 2 zu entnehmen ist, werden nach einer erkannten Böschungsfahrt im Schritt 3 mittels des Drehratensensors DS (s. Fig. 1) die Drehrate  $\omega_v$  während des Kippens des Fahrzeugs über die Böschungskante, also vor einem eventuell noch folgenden Überschlag, und der Drehwinkel  $\varphi$  des Fahrzeugs um die Längsachse x gemessen. Zwischen der Drehrate  $\varphi_v$  vor und einer Drehrate  $\omega_n$  nach einem fiktiven Aufprall des Fahrzeugs, nachdem es über die Böschungskante gekippt ist, besteht folgende Beziehung:

$$\omega_n = f(\varphi) \omega_v \quad (5)$$

15 [0028] Bei der Drehrate  $\omega_v$  handelt es sich um einen Vorhersagewert, aus dem schließlich eine Entscheidung für einen bevorstehenden Überrollvorgang abgeleitet werden kann.

[0029] Im Verfahrensschritt 3 wird nun die Funktion  $f(\varphi)$  aus einer Impulsbilanz für den Schwerpunkt CM des Fahrzeugs in Richtung der z-Achse und einer Drehimpulsbilanz um den Schwerpunkt CM auf folgende Weise ermittelt:

20 Für die z-Komponenten der Impulse bezüglich des Schwerpunktes CM vor und nach dem Aufprall gilt:

$$P_n = P_v + \Delta P \Rightarrow m \cdot v_{zn} = m \cdot v_{zv} + \Delta P \quad (6)$$

[0030] Dabei ist  $P_v$  der Impuls vor,  $P_n$  der Impuls nach,  $v_{zv}$  die z-Komponente der Fahrzeuggeschwindigkeit vor und  $v_{zn}$  die z-Komponente der Fahrzeuggeschwindigkeit nach einem Aufprall, und  $m$  ist die Fahrzeugmasse.

[0031] Für die Drehimpulse vor und nach einem Aufprall des Fahrzeugs gilt:

$$I \cdot \omega_n = I \cdot \omega_v - r \cdot \cos(\varphi + \varphi_0) \cdot \Delta P \quad (7)$$

30 [0032] Die Bewegung des Fahrzeugs vor einem Aufprall läßt sich gemäß Gleichung (8) beschreiben:

$$v_{zv} = \omega_v \cdot (-r) \cdot \cos(\varphi - \varphi_0) \quad (8)$$

[0033] Während eines Aufpralls im Punkt K1 (s. Fig. 5) läßt sich der plastische Stoß des Fahrzeugs wie folgt beschreiben:

$$0 = v_n + \omega_n \cdot (-r) \cdot \cos(\varphi - \varphi_0) \quad (9)$$

40 [0034] Aus den Gleichungen (6) bis (9) ergibt sich nun die Funktion  $f(\varphi)$ :

$$f(\varphi) = \frac{1 - \frac{mr^2}{I} \cos(\varphi + \varphi_0) \cdot \cos(\varphi - \varphi_0)}{1 + \frac{mr^2}{I} \cos^2(\varphi + \varphi_0)} \quad (10)$$

[0035] Im Prozeßschritt 4 wird gemäß Gleichung (11) aus der im Schritt 1 nach dem Energiekriterium ermittelten kritischen Drehrate  $\omega_k$  und der Funktion  $f(\varphi)$  ein Vorhersagewert für eine kritische Drehrate  $\omega_{nc}$  nach einem Aufprall berechnet:

$$\omega_{nc} = \frac{\omega_k}{f(\varphi)} \quad (11)$$

55 Wird dieser Wert  $\omega_{nc}$  durch die im Schritt 5 nach dem Impulskriterium gemäß Gleichung (5) berechnete Drehrate  $\omega_n$  erreicht bzw. überschritten – diese Schwellwertentscheidung findet im Schritt 6 statt – so gibt der Prozessor PZ gemäß Schritt 7 eine Überrollentscheidung e1 ab.

#### Patentansprüche

60 1. Anordnung zum Erkennen eines bevorstehenden Überrollvorganges eines Fahrzeugs, welche in Abhängigkeit vom Neigungswinkel ( $\varphi$ ) des Fahrzeugs um seine Längsachse (x) eine kritische Drehrate ( $\omega_{nc}$ ) des Fahrzeugs um die Längsachse (x) ermittelt, die erforderlich wäre, um ein Überrollen hervorzurufen, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anordnung für den Fall, dass sie ein für ein Böschungskippen des Fahrzeugs charakteristisches Bewegungsverhalten des Fahrzeugs detektiert, einen Vorhersagewert für die Drehrate ( $\omega_n$ ) des Fahrzeugs nach einem fiktiven Aufprall der Räder an einer Fahrzeuglängsseite auf den Boden aus einer vor dem fiktiven Aufprall herrschenden Drehrate ( $\omega_v$ ), dem Impuls des Fahrzeugs in Richtung seiner Hochachse (z) und dem Drehimpuls des Fahrzeug-Schwerpunktes (CM) vor dem fiktiven Aufprall ermittelt, und dass sie einen bevorstehenden Überrollvorgang signalisiert, wenn der Vorhersagewert der Drehrate ( $\omega_n$ ) die kritische Drehrate ( $\omega_{nc}$ ) übersteigt.



2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass sie den Vorhersagewert für die Drehrate ( $\omega_n$ ) des Fahrzeugs durch Multiplikation der Drehrate ( $\omega_v$ ) des Fahrzeugs vor dem fiktiven Aufprall mit einem Faktor

$$f(\varphi) = \frac{1 - \frac{mr^2}{I} \cos(\varphi + \varphi_0) \cdot \cos(\varphi - \varphi_0)}{1 + \frac{mr^2}{I} \cos^2(\varphi + \varphi_0)} \quad 5$$

berechnet, wobei I das Trägheitsmoment des Fahrzeugs, m die Fahrzeugmasse, r der Abstand des Fahrzeugschwerpunktes zu den Rädern an einer Längsseite,  $\varphi$  der Neigungswinkel des Fahrzeugs um seine Längsachse (x) und  $\varphi_0$  die Winkellage des Fahrzeugschwerpunktes relativ zur Querachse (y) des Fahrzeuges ist, und dass die Anordnung die kritische Drehrate 10

$$\omega_{nc} = \frac{\omega k}{f(\varphi)} \quad 15$$

berechnet, wobei gilt:

$$\omega k = \pm \sqrt{\frac{2mg}{I} r (1 - \sin(\varphi + \varphi_0))} \quad 20$$

(g ist Erdbeschleunigung).

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65



- Leerseite -

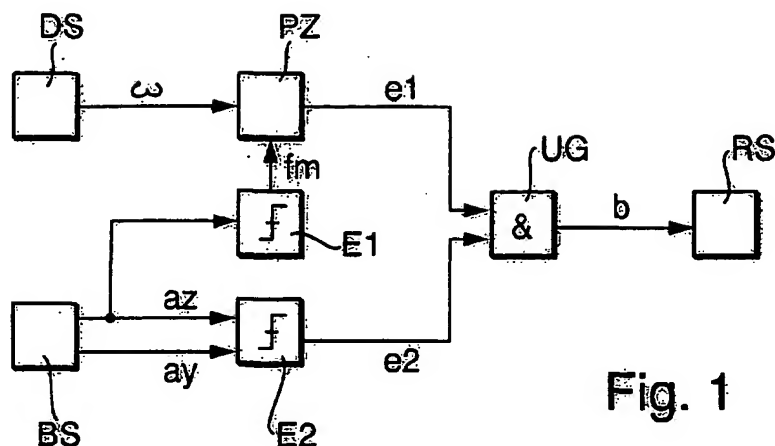


Fig. 1

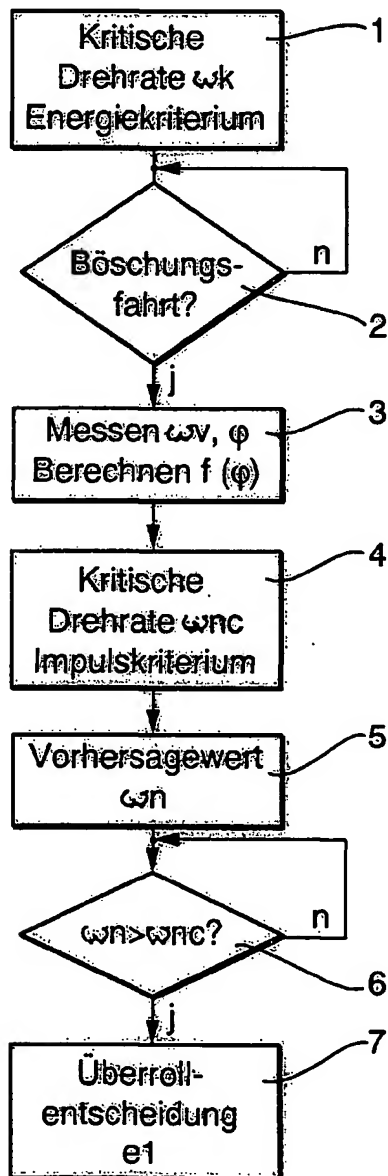


Fig. 2

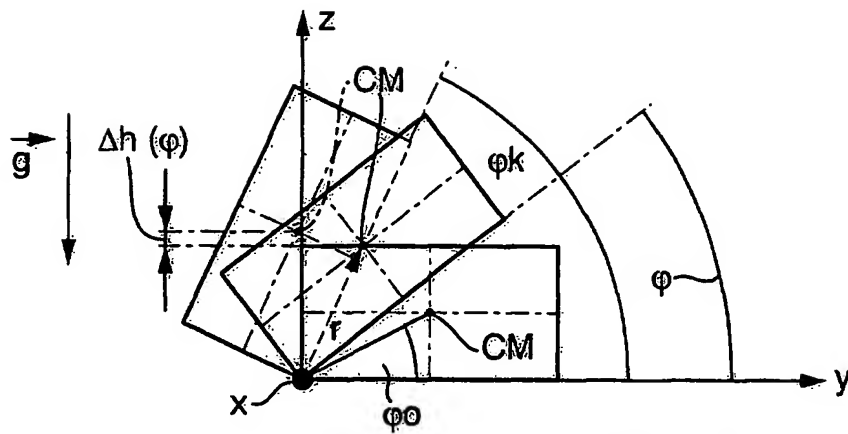


Fig. 3

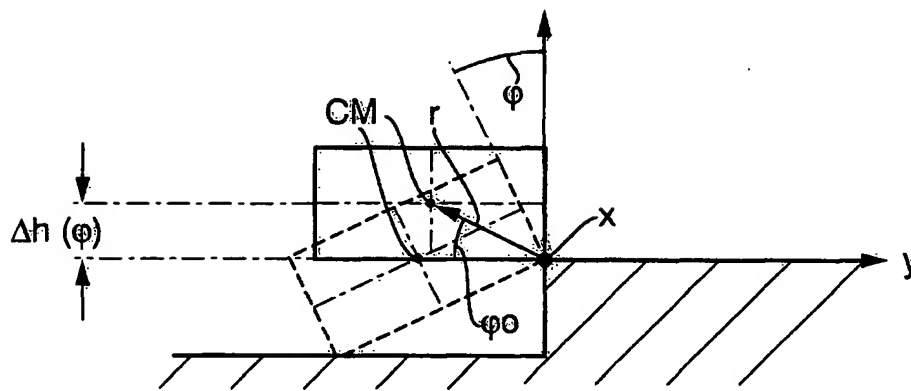


Fig. 4

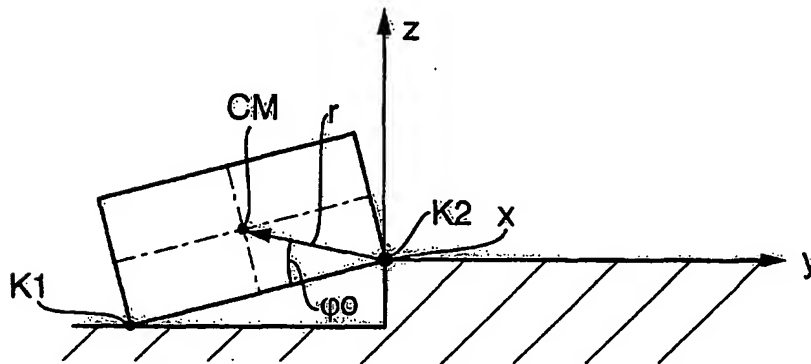


Fig. 5